

# MANUFACTURE OF LOW YIELD RATIO HIGH TENSILE STRENGTH STEEL PLATE

Bibliographic data	<u>Original document</u>	<u>INPADOC legal status</u>
<b>Publication number:</b> JP3207814 (A)		<b>Also published as:</b>
<b>Publication date:</b> 1991-09-11		 JP7017947 (B)
<b>Inventor(s):</b> NISHIOKA KIYOSHI; WATABE YOSHIYUKI; TAMEHIRO HIROSHI		 JP2004646 (C)
<b>Applicant(s):</b> NIPPON STEEL CORP		
<b>Classification:</b>		
- <b>international:</b> C21D8/02; C22C38/00; C22C38/32; C21D8/02; C22C38/00; C22C38/32; (IPC1-7): C21D8/02; C22C38/00; C22C38/32		
- <b>European:</b>		
<b>Application number:</b> JP19900003189 19900110		
<b>Priority number(s):</b> JP19900003189 19900110		
<a href="#">View INPADOC patent family</a>		
<a href="#">View list of citing documents</a>		
		
<b>Abstract of JP 3207814 (A)</b>		
PURPOSE: To manufacture the low yield ratio high tensile strength steel plate by subjecting a slab having a specified compsn. constituted of C, Si, Mn, Cr, Mo, Nb, Ti, B, Al, N and Fe to specified hot rolling, cooling, quenching and tempering.		
CONSTITUTION: A slab contg., by weight, 0.08 to 0.18% C, <0.6% Si, 1.5 to 1.6% Mn, 0.4 to 1.5% Cr, 0.2 to 0.5% Mo, 0.005 to 0.05% Nb, 0.005 to 0.03% Ti, 0.0005 to 0.003% B, <0.10% Al and <0.006% N, furthermore contg., at need, one or more kinds among <1.0% Ni, <1.0% Cu, <0.1% V and 0.001 to 0.005% Ca and the balance Fe with inevitable impurities is heated to 1100 to 1250 deg.C and is thereafter rolled. After finishing the rolling at 800 to 950 deg.C, the steel plate is cooled by air-cooling to <300 deg.C.; After that, the steel plate is heated to the Ac1 to the Ac3, is thereafter rapidly cooled, is tempered at 400 to 580 deg.C and is thereafter air-cooled. In this way, the low yield ratio high tensile strength steel plate having about >70kg f/mm<2> tensile strength can be obtd.		
<hr/> <p>Data supplied from the <b>esp@cenet</b> database — Worldwide</p>		

## ⑫ 公開特許公報 (A)

平3-207814

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>C 21 D 8/02  
// C 22 C 38/00  
38/32

識別記号

3 0 1 A

庁内整理番号

7139-4K  
7047-4K

⑭ 公開 平成3年(1991)9月11日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全6頁)

⑮ 発明の名称 低降伏比高張力鋼板の製造方法

⑯ 特願 平2-3189

⑰ 出願 平2(1990)1月10日

⑱ 発明者 西岡 潔 千葉県君津市君津1番地 新日本製鐵株式會社君津製鐵所内

⑲ 発明者 渡部 義之 千葉県君津市君津1番地 新日本製鐵株式會社君津製鐵所内

⑳ 発明者 為広 博 千葉県君津市君津1番地 新日本製鐵株式會社君津製鐵所内

㉑ 出願人 新日本製鐵株式會社

㉒ 代理人 弁理士 大関 和夫

## 明細書

後空冷することを特徴とする低降伏比高張力鋼板の製造方法。

## 1. 発明の名称

低降伏比高張力鋼板の製造方法

## (2) 重量%で、

## 2. 特許請求の範囲

C : 0.08 ~ 0.18 %、

## (1) 重量%で、

Si : 0.6 %以下、

C : 0.08 ~ 0.18 %、

Mn : 0.5 ~ 1.6 %、

Si : 0.6 %以下、

Cr : 0.4 ~ 1.5 %、

Mn : 0.5 ~ 1.6 %、

Mo : 0.2 ~ 0.5 %、

Cr : 0.4 ~ 1.5 %、

Nb : 0.005 ~ 0.05 %、

Mo : 0.2 ~ 0.5 %、

Ti : 0.005 ~ 0.03 %、

Nb : 0.005 ~ 0.05 %、

B : 0.0005 ~ 0.003 %、

Ti : 0.005 ~ 0.03 %、

Al : 0.10 %以下、

B : 0.0005 ~ 0.003 %、

N : 0.006 %以下とし、

Al : 0.10 %以下、

これに

N : 0.006 %以下、

Ni : 1.0 %以下、

残部がFeおよび不可避的不純物からなる鋼片を  
1100 ~ 1250 °Cの温度に加熱後、800 ~ 950 °Cの温  
度で圧延を終了した後、鋼板を空冷にて300 °C以  
下の温度まで冷却し、その後Ac<sub>1</sub> ~ Ac<sub>3</sub>の温度に  
加熱後急冷し、400 ~ 580 °Cの温度で焼戻し

Cu : 1.0 %以下、

V : 0.1 %以下、

Ca : 0.001 ~ 0.005 %

のいずれか1種、または2種以上をさらに含有し、  
残部がFeおよび不可避的不純物からなる鋼片を

1100～1250℃の温度に加熱後、800～950℃の温度で圧延を終了した後、鋼板を空冷にて300℃以下の温度まで冷却し、その後Ac<sub>1</sub>～Ac<sub>3</sub>の温度に加熱後急冷し、400～580℃の温度で焼戻し後空冷することを特徴とする低降伏比高張力鋼板の製造方法。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (産業上の利用分野)

本発明は70kgf/mm<sup>2</sup>以上の引張強さを有する低降伏比高張力鋼板の製造法に関するものである。

#### (従来の技術)

近年、建築用構造物に使用される鋼材（鋼板、鋼管あるいは形鋼ほか）をはじめとする構造用鋼材において、耐震性に優れた低降伏比高張力鋼板が要求されている。

このような要求に対応するための低降伏比高張力鋼の製造法として、例えば特開昭55-41927号公報あるいは特開昭55-97425号公報記載の方法等が提案されている。前者の方法は制御圧延・制御冷却法の組合せを利用した方法であり、後者の

方法はいわゆる調質処理（QT）型によるものであるが、いずれの場合も60kgf/mm<sup>2</sup>級鋼としては良好な低降伏比を有するが、70kgf/mm<sup>2</sup>以上の高張力鋼、とりわけ80kgf/mm<sup>2</sup>級鋼としては十分な低降伏比（降伏比80%以下）が得られないという問題点があった。

#### (発明が解決しようとする課題)

本発明の目的は、このような従来法の問題点を解決し、最適な成分並びに製造条件を明らかにすることにより、優れた低降伏比を有する高張力鋼板（70kgf/mm<sup>2</sup>以上）の製造方法を提供するにある。

#### (課題を解決するための手段)

本発明の要旨とするところは下記の通りである。

##### (1) 重量%で、

C : 0.08～0.18%、

Si : 0.6%以下、

Mn : 0.5～1.6%、

Cr : 0.4～1.5%、

Mo : 0.2～0.5%、

Nb : 0.005～0.05%、

Ti : 0.005～0.03%、

B : 0.0005～0.003%、

Al : 0.10%以下、

N : 0.006%以下、

残部がFeおよび不可避的不純物からなる鋼片を1100～1250℃の温度に加熱後、800～950℃の温度で圧延を終了した後、鋼板を空冷にて300℃以下の温度まで冷却し、その後Ac<sub>1</sub>～Ac<sub>3</sub>の温度に加熱後急冷し、400～580℃の温度で焼戻し後空冷することを特徴とする低降伏比高張力鋼板の製造方法。

##### (2) 重量%で、

C : 0.08～0.18%、

Si : 0.6%以下、

Mn : 0.5～1.6%、

Cr : 0.4～1.5%、

Mo : 0.2～0.5%、

Nb : 0.005～0.05%、

Ti : 0.005～0.03%、

B : 0.0005～0.003%、

Al : 0.10%以下、

N : 0.006%以下とし、

これに

Ni : 1.0%以下、

Cu : 1.0%以下、

V : 0.1%以下、

Ca : 0.001～0.005%

のいずれか1種、または2種以上をさらに含有し、残部がFeおよび不可避的不純物からなる鋼片を1100～1250℃の温度に加熱後、800～950℃の温度で圧延を終了した後、鋼板を空冷にて300℃以下の温度まで冷却し、その後Ac<sub>1</sub>～Ac<sub>3</sub>の温度に加熱後急冷し、400～580℃の温度で焼戻し後空冷することを特徴とする低降伏比高張力鋼板の製造方法。

#### (作用)

鋼材の降伏比は一般に強度が上昇するほど高くなることが知られている。すなわち、強度が高くなればなるほど、低降伏比化は困難となることか

ら、優れた低降伏比を有する高張力鋼板を得るためにには、適正な成分・製造条件を選択することが必須となる。

本発明においては、70 kgf/mm<sup>2</sup>以上の高張力鋼板としてその母材強度・韌性を確保し、なおかつ低降伏比を達成するための必要条件としての成分条件、製造条件を明らかにした。

本発明者らの研究によれば、優れた低降伏比を有する高張力鋼板を実現するためには、そのミクロ組織を、均質なアッパーべイナイト（ベニティックフェライト）相をベースとし、これに適切なサイズで微細分散した焼戻しマルテンサイト相を含む混合組織とすることが必要である。一般にマルテンサイト相を含む混合組織を得るために、 $A_{c1}$ 点～ $A_{c3}$ 点の温度から鋼材を焼入れ、焼戻すことが有効であることが知られているが、適切なサイズ、分散状態を有するマルテンサイト相を得るために、焼入前組織を適正に制御することが不可欠である。そのためには、鋼の化学成分と圧延条件の適正化が必須であるとともに、焼戻

Moは母材の強度、韌性を共に向上させる元素であり、0.2%以上添加しないとその効果がない。しかし、0.5%を超えると溶接部韌性および溶接性の劣化を招き好ましくないため、上限を0.5%に限定した。

Nbは母材の強度・韌性の向上に有効な元素であり、特に本発明においては未再結晶域圧延を活用し、圧延後空冷まで適正なサイズのマルテンサイト相を得るとともに、母材の韌性を確保するために必須の元素である。その量は0.005%以上が必要であるが、Nbの過量添加はHAZ韌性を劣化させるため、その上限を0.05%とする必要がある。

Tiは加熱時のオーステナイト粒の粗大化を抑制し、母材の韌性を確保する上で有用であり、その微量添加はHAZ韌性の向上にも有効である。しかし、0.005%未満の添加では効果がなく、また0.03%超の添加ではTiCの析出硬化によりHAZ韌性の劣化を招くため、その添加量を0.005～0.03%に限定した。

温度にも注意を払う必要がある。

以下、本発明における化学成分の限定理由について説明する。

Cは $A_{c1}$ ～ $A_{c3}$ 間の温度からの焼入処理において焼入性を確保し、マルテンサイト相を得るために0.08%以上の添加が必要である。しかしながら、Cの過度の添加は溶接性の劣化をもたらすところから、その上限を0.18%とした。

Siは脱酸上鋼に含まれる元素であるが、その過剰添加は溶接性、HAZ韌性を阻害する。従って、その上限を0.6%とする必要である。

Mnは、強度、韌性並びに焼入性を確保する上で有用な元素であり、0.5%以上の添加が必要である。しかしMn量が多すぎると溶接性、HAZ韌性の劣化あるいは焼戻し脆化を招くためその上限を1.6%とした。

Crは母材の強度を高める元素であり、0.4%以上の添加が必要である。しかし、Cr量が1.5%を超えると溶接性やHAZ韌性を劣化させるため、その上限を1.5%とした。

Bは焼入性を向上させ、母材の強度・韌性を確保する上で重要な元素である。特に本発明においては、圧延後空冷まで適切なサイズのマルテンサイト相を含む均質なアッパーべイナイト（ベニティックフェライト）相を得て強度を確保しておく必要がありBの添加は必須である。Bは0.0005%未満の添加では効果がなく、また0.003%を超える添加は焼入性を著しく劣化させるため、その添加量を0.0005～0.003%に限定した。

Alは一般に脱酸上鋼に含まれる元素であるが、SiおよびMnあるいはTiによっても脱酸は行なわれるので、本発明ではAlについては下限を限定しない。しかし、Al量が多くなると鋼の清浄度が悪くなり、HAZ韌性が劣化するので上限を0.10%とした。

Nは一般に不可避的不純物として鋼中に含まれるが、Nの過量添加はHAZ韌性の劣化を招くため、その上限を0.006%とした。

なお、P、Sは不可避的不純物として鋼中に含まれる。本発明では、その量を特に限定しないが、

これらは母材ならびに溶接部の韌性を劣化させるため、その量は極力少ない方が好ましく、それぞれ0.03%以下、0.01%以下とすることが望ましい。

本発明鋼板においては、さらに必要によりNi:1.0%以下、Cu:1.0%以下、V:0.1%以下、Ca:0.001~0.005%のうちいずれか1種、または2種以上を含有させる。

これらの元素を含有させる主たる目的は本発明鋼板の特徴を損なうことなく、強度、韌性の向上および製造板厚の拡大を可能にするところにあり、その添加量は溶接性およびHAZ韌性等の面から自ずと制限されるべき性質のものである。

NiはHAZの硬化性および韌性に悪影響を与えることなく母材の強度、韌性を向上させる特性をもつが、1.0%を超えるとHAZの硬化性および韌性上好ましくないため、上限を1.0%とした。

CuはNiとほぼ同様の効果を持つとともに、耐食性、耐水素誘起割れ特性にも効果がある。しかし、1.0%を超えると圧延中にCu-クラックが発生し

製造が困難になる。このため、上限を1.0%とした。

Vは微細な炭窒化物の形成による強度向上効果を奏するが、0.1%を超える添加は韌性の劣化を引き起こすためその上限を0.1%とした。

Caは硫化物の形態を制御し、シャルピー吸収エネルギーを増加させ低温韌性を向上させるほか、耐水素誘起割れ性の改善にも効果を發揮する。しかし、Ca量は0.001%未満では実用上効果がなく、また、0.005%を超えるとCaS,CaOが多量に生成して大型介在物となり、鋼の韌性のみならず清浄度も害し、さらに溶接性にも悪影響を与えるので、Ca添加量の範囲を0.001~0.005%とした。

次に、以上の様な成分系を有する鋼板の製造法について述べる。

まず、鋼片の加熱温度は1100~1250°Cとする必要がある。加熱温度が1100°C未満になると、Nbの固溶が不十分となり、強度が確保できない。また、加熱温度の上限については、オーステナイトの粗大化を防止し母材韌性を確保するために1250°C以

下することが必要である。なお、鋼片鋳造後  $A_{rs}$ 点より低い温度に冷却後再加熱することなく、すなわち鋼片鋳造後直ちにあるいは鋼片鋳造後  $A_{rs}$ 点以上の温度での保熱過程を経た後直ちに圧延を行なってもよい。

次に、圧延終了温度は800~950°Cとする必要がある。圧延を800°C未満で終了した場合オーステナイトが過度に細粒化あるいは延伸化して焼入性が低下し、強度の確保が出来ない。また、950°Cを超える温度で圧延を終了した場合、オーステナイトの細粒化が不十分で母材韌性の劣化を招く。さらに、圧延後の冷却に関しては空冷とすることが必須である。圧延後水冷(急冷)を施すとマルテンサイトあるいはローワーベイナイト組織が得られるが、このような均一組織においては、炭化物が極めて微細となる。本発明者らの研究によれば、このような微細な炭化物を有する組織を前組織として  $A_{c1}$ ~ $A_{c3}$  温度からの焼入れを行なうと、最終的に得られる組織におけるマルテンサイトのサイズが十分に大きなものとならず、

低降伏比が得られなくなる。高強度でかつ低降伏比を有する鋼材を製造するためには、この圧延までの、すなわち  $A_{c1}$ ~ $A_{c3}$  温度からの焼入処理前の組織を、適切なサイズのマルテンサイト相を含むアッパーべイナイト(ペニティックフェライト)組織とすることが必要であり、そのためには圧延後空冷により300°C以下まで冷却することが必須となる。

次に、圧延後の熱処理方法を規定する理由を述べる。前述の適正な前組織を有する鋼板を圧延によって得たのち、良好な低降伏比を得るために  $A_{c1}$ ~ $A_{c3}$  温度からの焼入れとそれに引き続く焼戻しを行なう。 $A_{c1}$ ~ $A_{c3}$  温度からの焼入れの目的は、圧延によって得られたマルテンサイト相を  $\gamma$ 相に逆変態させて  $\gamma$  のより一層の濃縮を計り、ベース組織であるアッパーべイナイト(ペニティックフェライト)とのより一層の強度差を付与することにより、低降伏比を達成するためである。 $A_{c1}$  未満の温度での加熱では逆変態が生じず、また  $A_{c3}$  超の温度での加熱では組織全体が  $\gamma$

化し、圧延で付与した前組織の利点を生かせないことから、その加熱温度を  $A_{c1} \sim A_{c3}$  とした。なお、本処理においては、ベイナイト-マルテンサイト二相化を計ることから急冷（焼入）が必須となる。このようにして得られた組織におけるマルテンサイトはきわめて脆く低温非性に関して問題があり、このため、焼戻し処理を行なう。400°C未満では焼戻しが不十分であり、580°C超では強度の低下を生じる。このため、焼戻し温度は 400 ~ 580°Cとした。

なお、本発明は種々の鋼材に適用が可能であるが、主として引張強度 70 kgf/mm<sup>2</sup>以上、板厚 80 mm以下の厚鋼板並びにこれらを板巻きして製造する鋼管用鋼板に適用するのが好ましい。

（実施例）

次に本発明の実施例について説明する。

第1表に供試鋼の化学成分を、第1表（続き）に各鋼の製造条件と機械的性質を示す。第1表、第1表（続き）において、記号 A ~ E は本発明例、F ~ G は比較例を示す。本発明例 A ~ E は

70 kgf/mm<sup>2</sup>以上の高強度を有するとともに、80%以下の極めて良好な低降伏比を有する。これに對して、比較例 F は圧延後直ちに水冷を行なっているため、 $A_{c1} \sim A_{c3}$  温度からの焼入前の組織がマルテンサイトないしはローワーベイナイトの均一組織を有しており、 $A_{c1} \sim A_{c3}$  温度からの焼入れとそれに引き続く焼戻し処理で得られる最終的な材質で 80% 以下の十分な低降伏比が得られない。また、比較例 G は Nb, B を含まないため圧延ままの組織にフェライトを含んでおり、強度が 70 kgf/mm<sup>2</sup> 未満と不良となっている。

第1表 化学成分

区分	記号	化 学 成 分														変態点 (°C)	
		C	Si	Mn	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Al	N	Ni	Cu	V	Ca	$A_{c1}$	$A_{c3}$
本発明例	A	0.12	0.32	1.48	0.40	0.25	0.020	0.011	0.0005	0.024	0.0011	-	-	-	-	730	880
	B	0.16	0.47	0.55	0.59	0.21	0.008	0.005	0.0013	0.066	0.0020	-	-	-	0.0038	730	875
	C	0.13	0.25	0.92	0.87	0.39	0.016	0.015	0.0010	0.025	0.0028	-	-	0.041	0.0021	735	870
	D	0.09	0.08	1.20	0.91	0.43	0.027	0.008	0.0025	0.001	0.0055	0.22	0.18	0.064	-	720	855
	E	0.13	0.18	1.00	0.92	0.33	0.013	0.013	0.0028	0.022	0.0017	0.17	0.20	0.038	0.0025	725	845
比較例	F	0.13	0.24	0.90	0.89	0.35	0.018	0.015	0.0010	0.023	0.0025	-	-	0.045	-	735	865
	G	0.14	0.25	1.00	0.90	0.41	- *	0.013	- *	0.025	0.0020	-	-	-	-	735	865

\* 印 比較例の“外れ”個所

第1表（続き） 製造条件および機械的性質

区分	記号	板厚 mm	圧 延 条 件			熱 处 理 条 件		機 械 的 性 質			
			加熱温度 °C	仕上温度 °C	冷却	焼入温度 °C	焼戻し温度 °C	TS kgf/mm <sup>2</sup>	YS kgf/mm <sup>2</sup>	YR %	vE-20 kgf·mm
本発明例	A	40	1200	800	空冷	775	500	75.6	57.1	75.5	23.4
	B	16	1100	830	空冷	750	450	86.7	67.8	78.2	26.6
	C	30	1220	900	空冷	825	550	85.4	66.0	77.6	25.4
	D	50	1200	920	空冷	800	580	83.2	65.3	78.5	22.8
	E	25	1150	850	空冷	820	480	84.6	64.5	76.3	23.9
比較例	F	30	1200	900	水冷	800	500	85.5	71.1	83.2	25.2
	G	25	1200	900	空冷	820	480	65.4	51.2	78.3	26.9

\* 印 比較例の“外れ”個所

(発明の効果)

以上、本発明を詳細に説明したが、本発明は優れた低降伏比と 70 kgf/mm<sup>2</sup> 以上の高強度を併せ持つ画期的な高張力鋼板を製造する手段を提供するものである。

特許出願人 新日本製鐵株式會社  
代理人 大関和夫 